

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Львівська політехніка»
Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки

Кафедра фотоніки

ПРОЕКТУВАННЯ МЕРЕЖЕВОЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

ВИКОНАВ:

СТУДЕНТ ГРУПИ ЛОСС-21

ЛИПИНСЬКИЙ Б. В.

КЕРІВНИК:

ЛЕСЮК Р. І.

Львів 2015

Мета: Дослідження і розрахунок параметрів і умов ефективного функціонування сонячної мережевої електростанції із одновісним слідкуванням за сонцем для центральних районів Львівської області.

Завдання: розрахувати технічні параметри системи для слідкування за сонцем для умов Львівської області із піковою встановленою потужністю 500 кВт.

СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ



Рис. 1 Сонячна електростанція із
одновісною системою слідкування
за сонцем.

СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ (СЕС) –
ІНЖЕНЕРНА СПОРУДА, ЯКА СЛУЖИТЬ
ПЕРЕТВОРЕННЮ СОНЯЧНОГО
ВИПРОМІНЮВАННЯ В ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ.

Є ТРИ ОСНОВНІ ТИПИ СЕС:

1. СОНЯЧНІ ТЕПЛОВІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
2. СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ ЗА
ДОПОМОГОЮ ФОТОЕЛЕМЕНТІВ
(ФОТОВОЛЬТАЇЧНІ).
3. КОНЦЕНТРУЮЧІ СОНЯЧНІ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

СТРУКТУРНА СХЕМА ТА ОБЛАДНАННЯ ФОТОВОЛЬТАІЧНОЇ СЕС

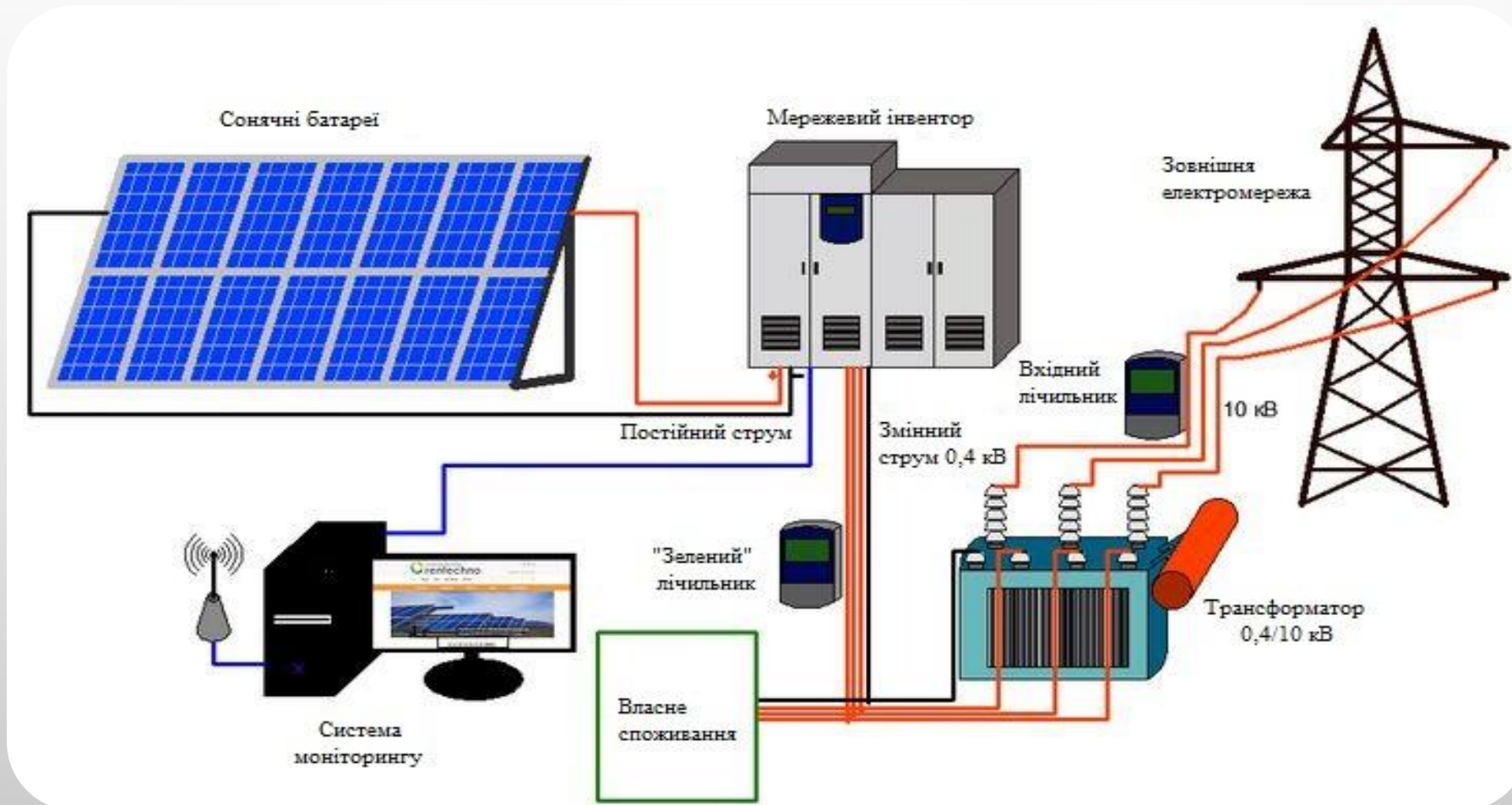
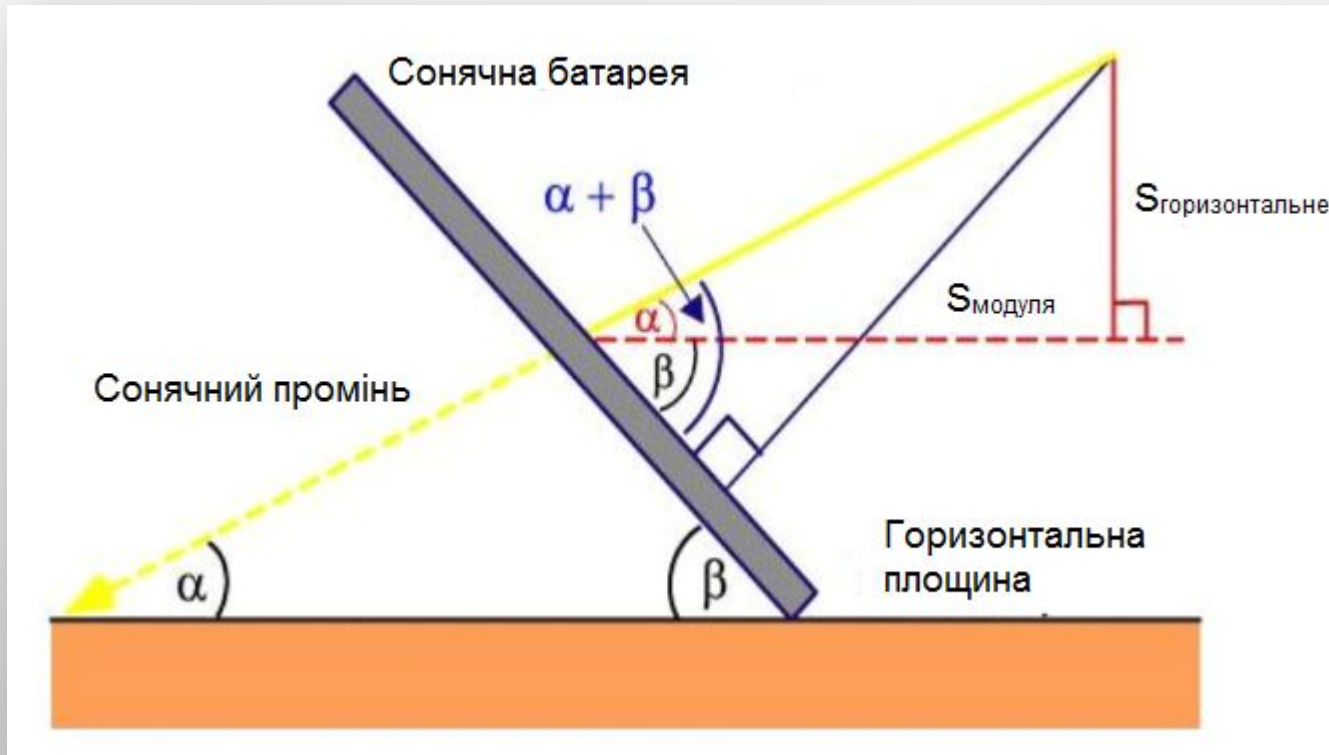


Рис. 2. Структурна схема типової мережевої сонячної електростанції

РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ СЛІДКУВАННЯ ЗА СОНЦЕМ



$$\delta = 23.45^\circ \cdot \sin\left(\frac{360}{365}(284 + n)\right)$$

n – номер дня

$$\alpha = 90^\circ - \varphi + \delta$$

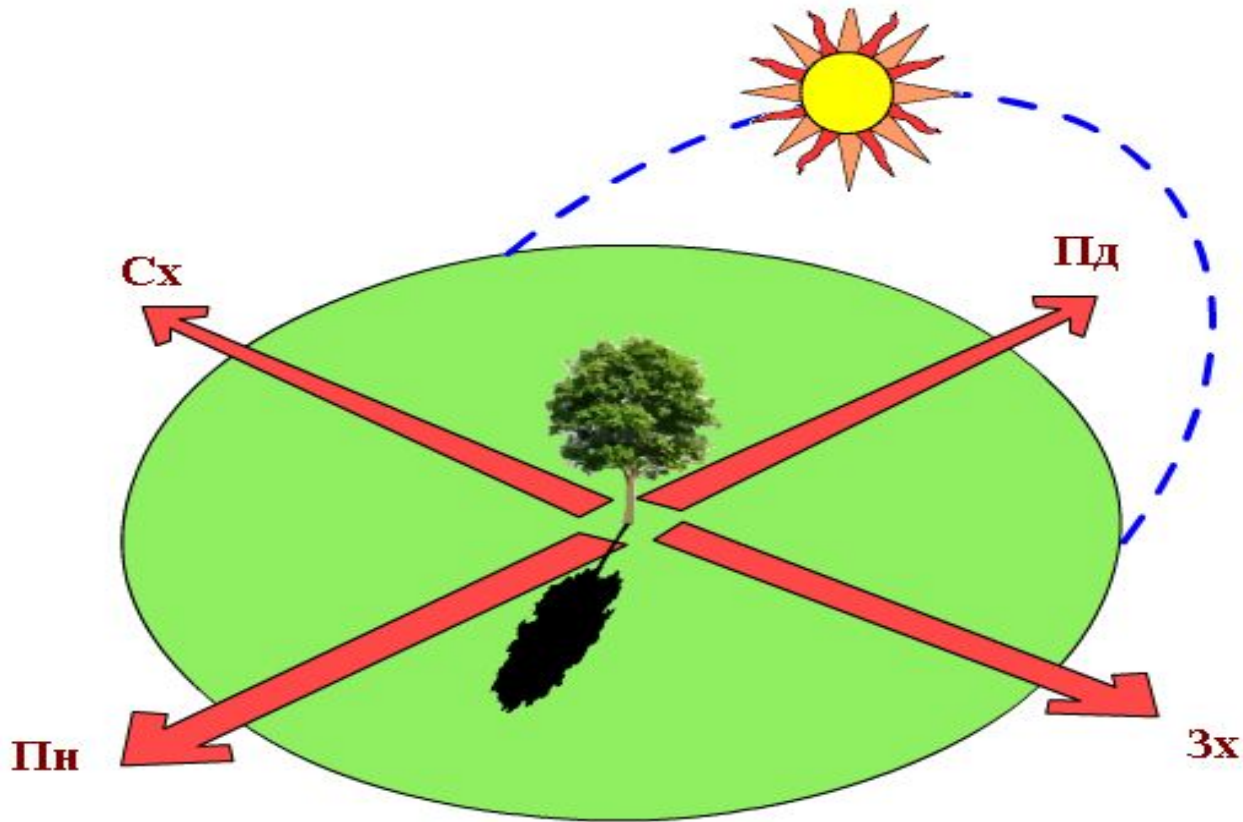
α – кут, під яким сонячне проміння падає на горизонтальну площину

φ – широта місцевості

δ – схилення сонця

Рис. 3. Сонячне випромінювання, яке падає на похилу поверхню

ЧАСОВИЙ КУТ

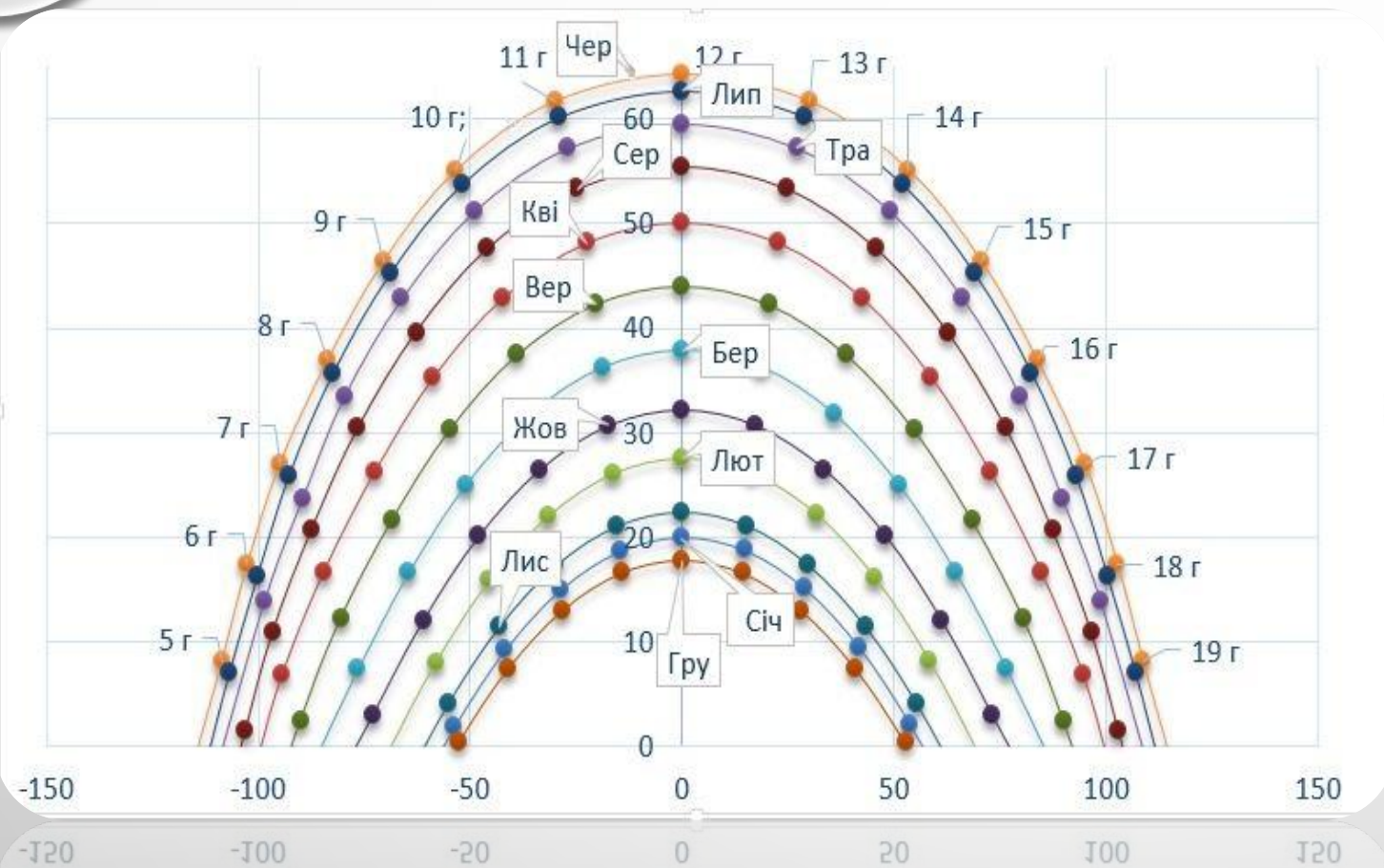


$$w_s = (ST - 12) \cdot \frac{360^\circ}{24} = w_s = (ST - 12) \cdot 15^\circ$$

ST – локальний час (від 1-24 години)

Рис. 4. Рух сонця по небосхилу впродовж дня

ЧАСОВИЙ КУТ



$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos w_s$$

α – кут, під яким сонячне проміння падає на горизонтальну площину

φ – широта місцевості

δ – схилення сонця

w_s – часовий кут

$$\sin \gamma_s = \frac{\cos \delta \cdot \sin w_s}{\cos \alpha}$$

γ_s – азимутальний кут Сонця

Рис. 5. Діаграма руху сонця по небосхилу (для усередненого дня кожного місяця на широті $\varphi=49^\circ$, м. Львів)

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО КУТА НАХИЛУ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ

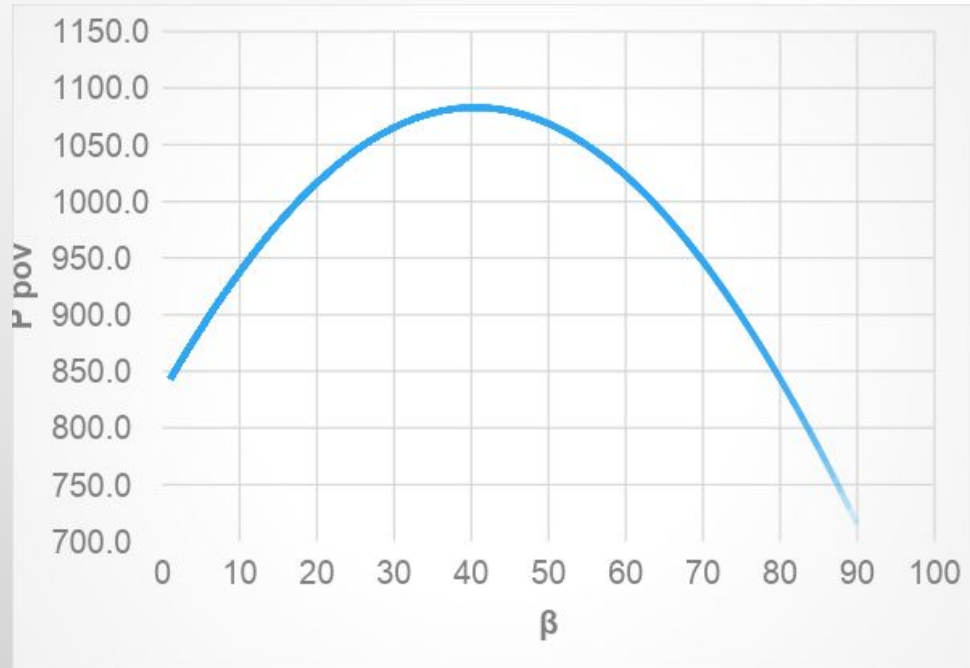


Рис. 6. Відношення потужності, яка падає на модуль до кута β

$$P_{пов} = P_i \cdot \sin(\alpha + \beta) \cdot n$$

$P_{пов}$ – потужність, яка падає на поверхню модуля
 n – кількість днів у місяці

Оптимальний розрахований кут нахилу сонячних батарей становить 41° .

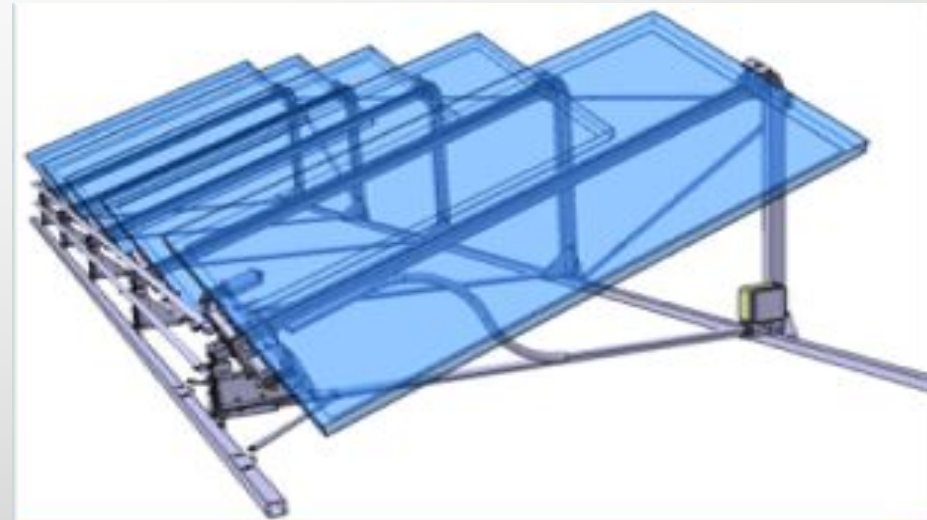
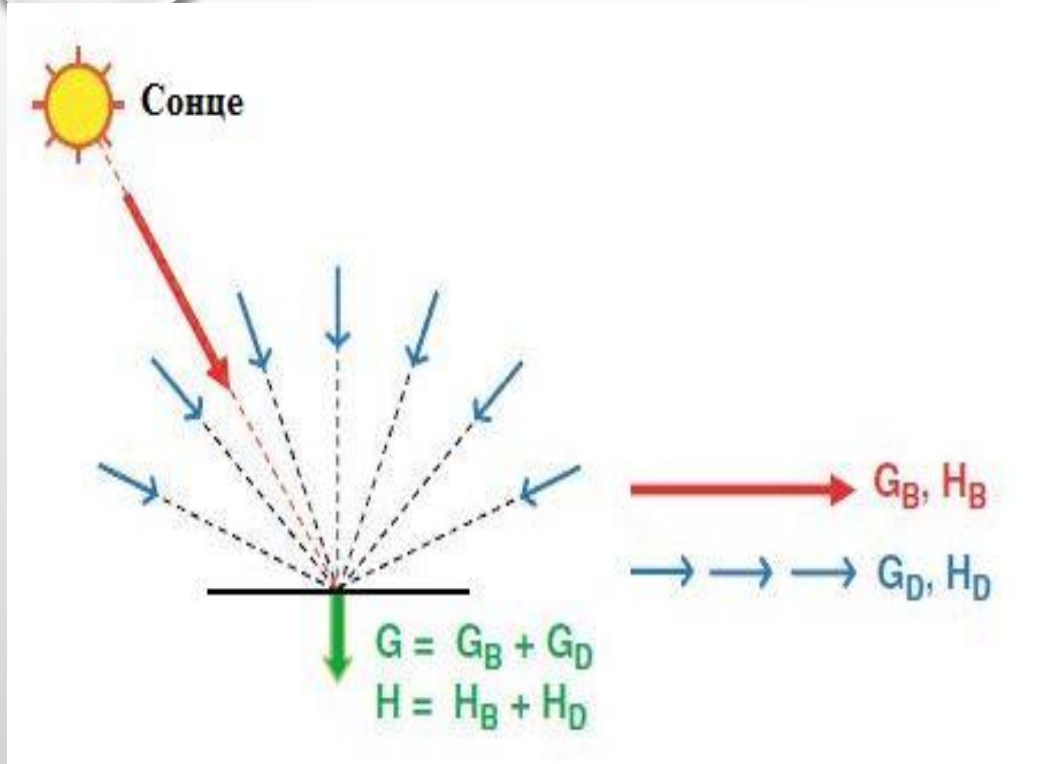


Рис. 7. Нахил сонячних батарей

ДВОХКОМПОНЕНТНА МОДЕЛЬ



Місяць	H (кВт·год/м ²)	H_D (кВт·год/м ²)	H_B (кВт·год/м ²)
Січень	0.75	0.54	0.21
Лютий	1.33	0.87	0.46
Березень	2.83	1.66	1.17
Квітень	4.23	2.41	1.82
Травень	5.14	2.62	2.52
Червень	5.44	2.84	2.60
Липень	5.36	2.67	2.69
Серпень	4.76	2.40	2.36
Вересень	3.21	1.80	1.41
Жовтень	1.98	1.17	0.81
Листопад	0.95	0.68	0.27
Грудень	0.62	0.46	0.16

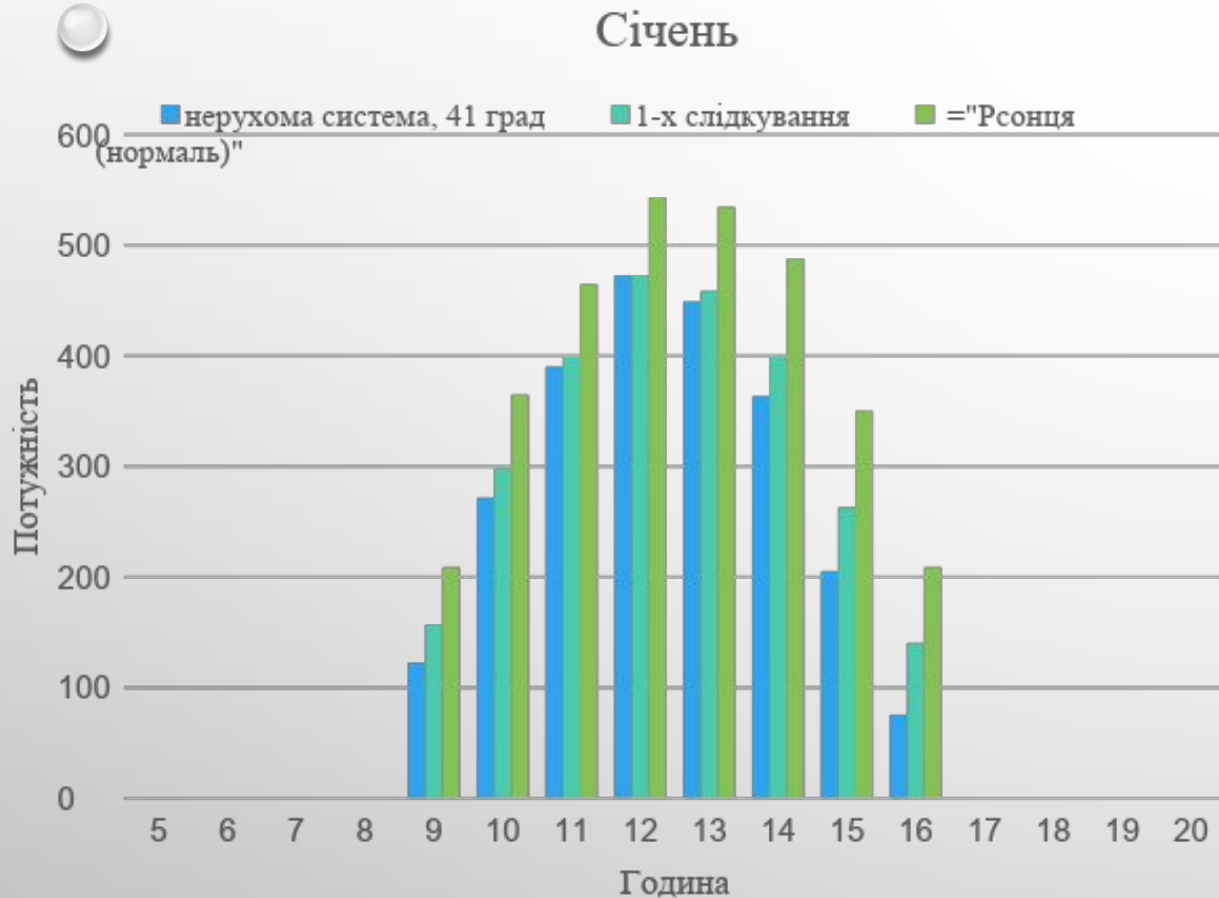
Рис. 8. Компоненти загального випромінювання G і H в горизонтальній площині, як сума прямого (G_B і H_B) і дифузного випромінювання (G_D і H_D)

$$H = H_B + H_D$$

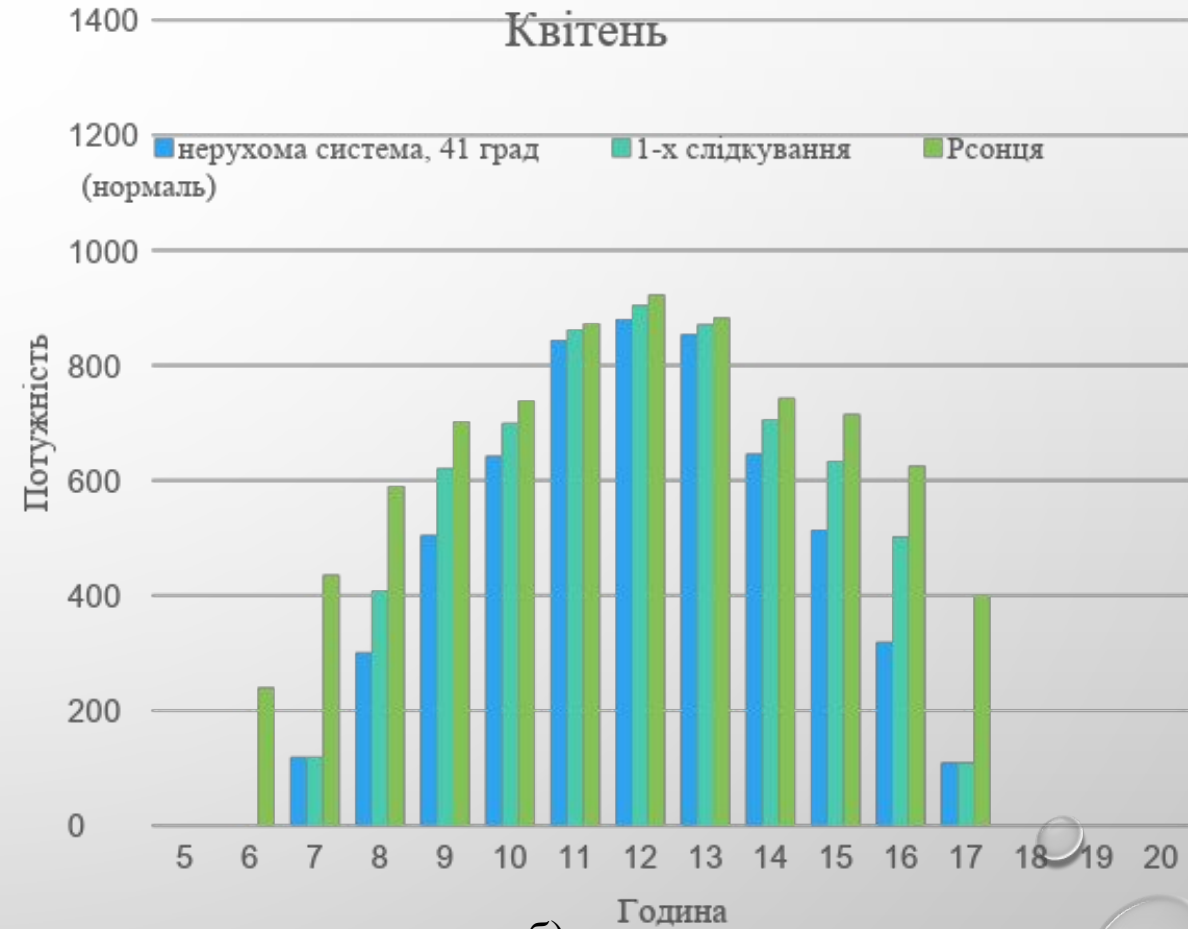
Загальне випромінювання (H) – сума прямого (H_B) і дифузного (H_D) випромінювання

Таблиця 1. Інсоляція у Львівській обл.
($\varphi=49^\circ$)

ЗАСТОСУВАННЯ ДВОХКОМПОНЕНТНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВЕЛИЧИНИ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ, ЩО ПАДАЄ НА СИСТЕМУ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ



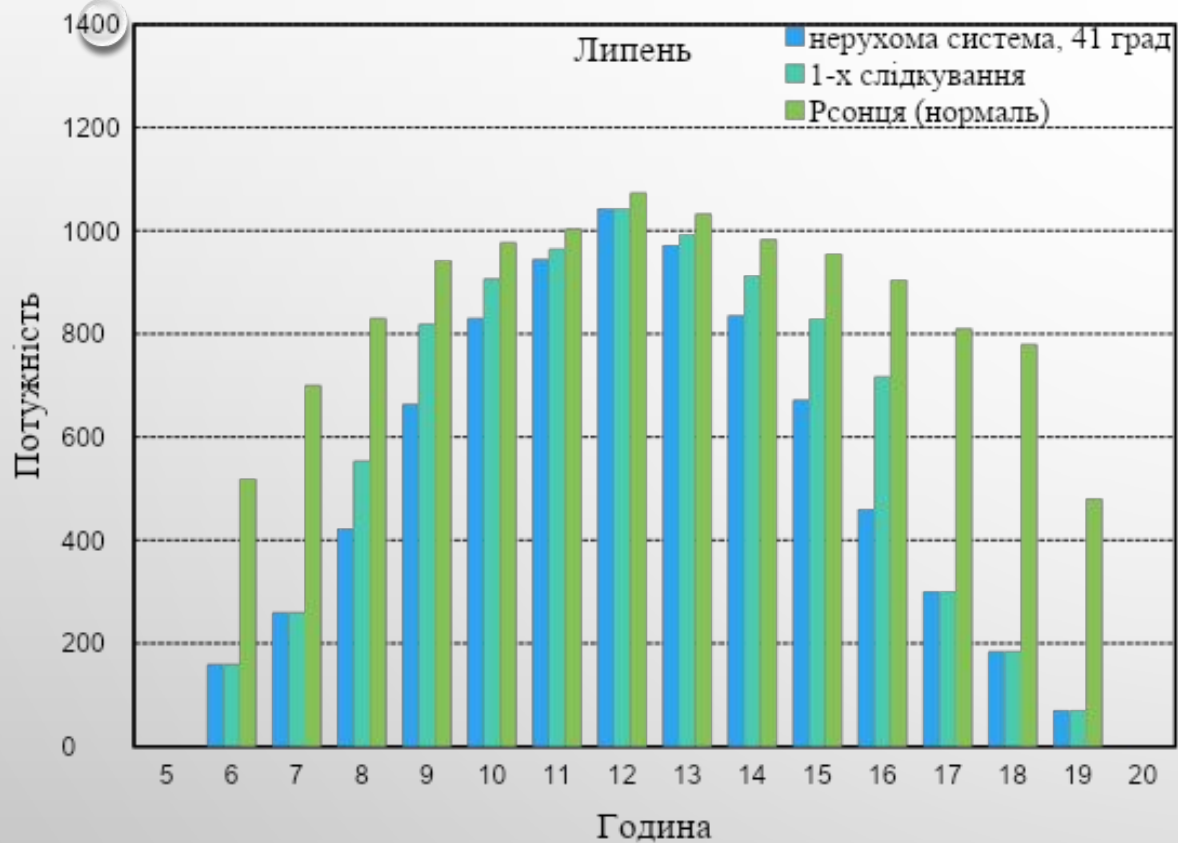
а)



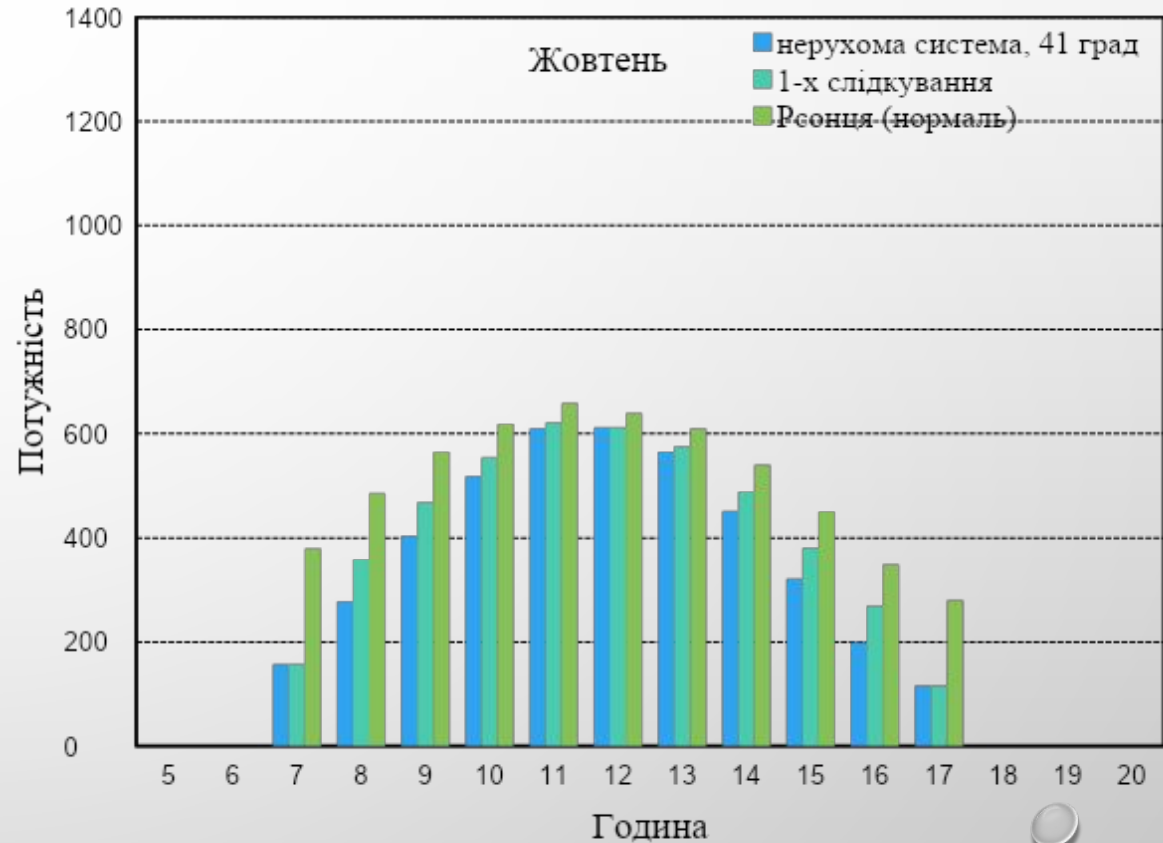
б)

Рис. 9. Потужність світлового потоку впродовж дня січня та дня квітня, що падає на горизонтальну, нахилену стаціонарну та одновісну слідкуючу поверхню ($\beta=41^\circ$)

ЗАСТОСУВАННЯ ДВОХКОМПОНЕНТНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ОЦІНКИ ВЕЛИЧИНИ СВІТЛОВОГО ПОТОКУ, ЩО ПАДАЄ НА СИСТЕМУ СОНЯЧНИХ МОДУЛІВ



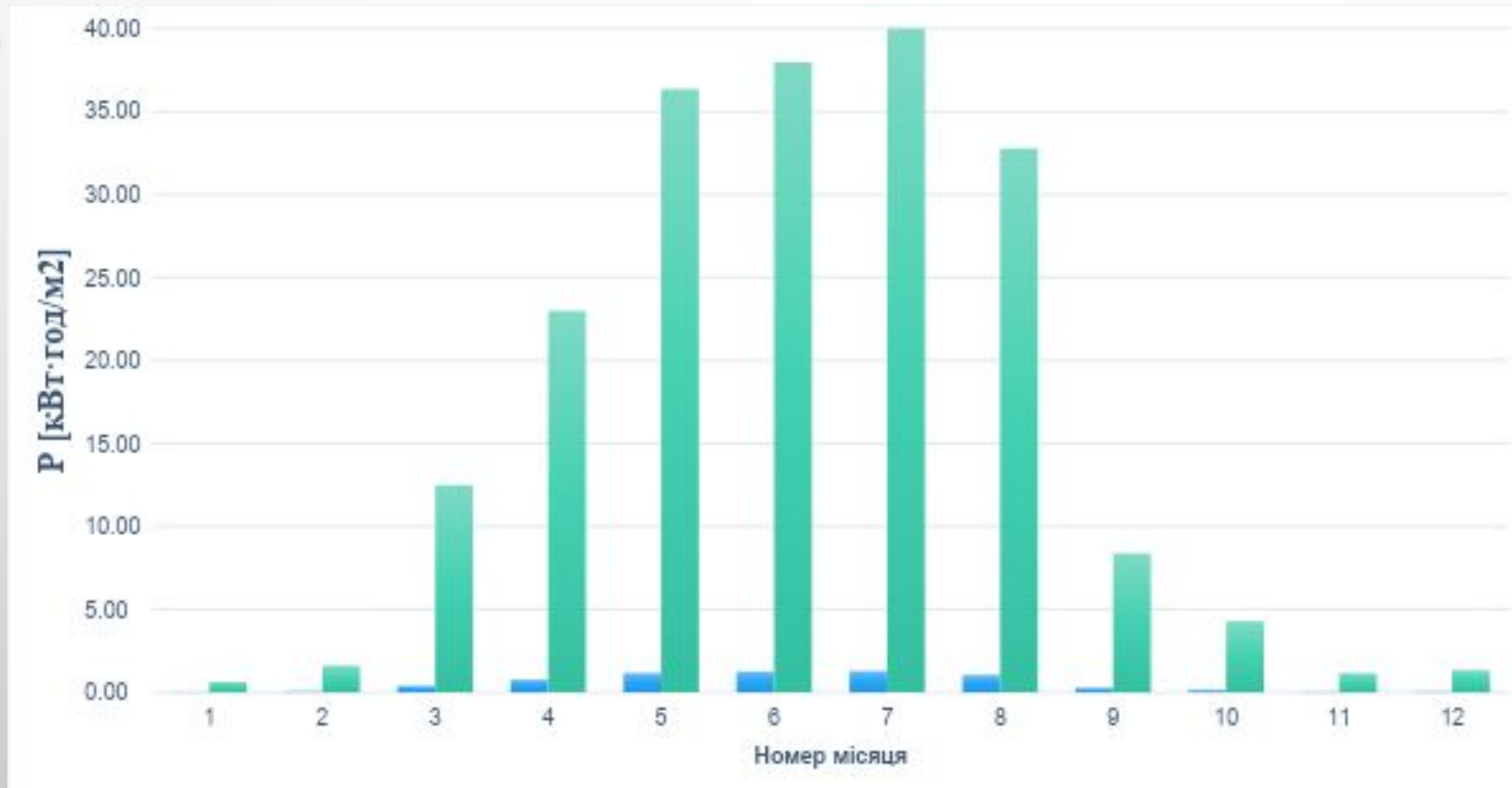
а)



б)

Рис. 10. Потужність світлового потоку впродовж дня липня та дня жовтня, що падає на горизонтальну, нахилену стаціонарну та одновісну слідкуючу поверхню ($\beta=41^\circ$)

Енергетичний вигреш системи із 1-х слідкуванням за сонцем



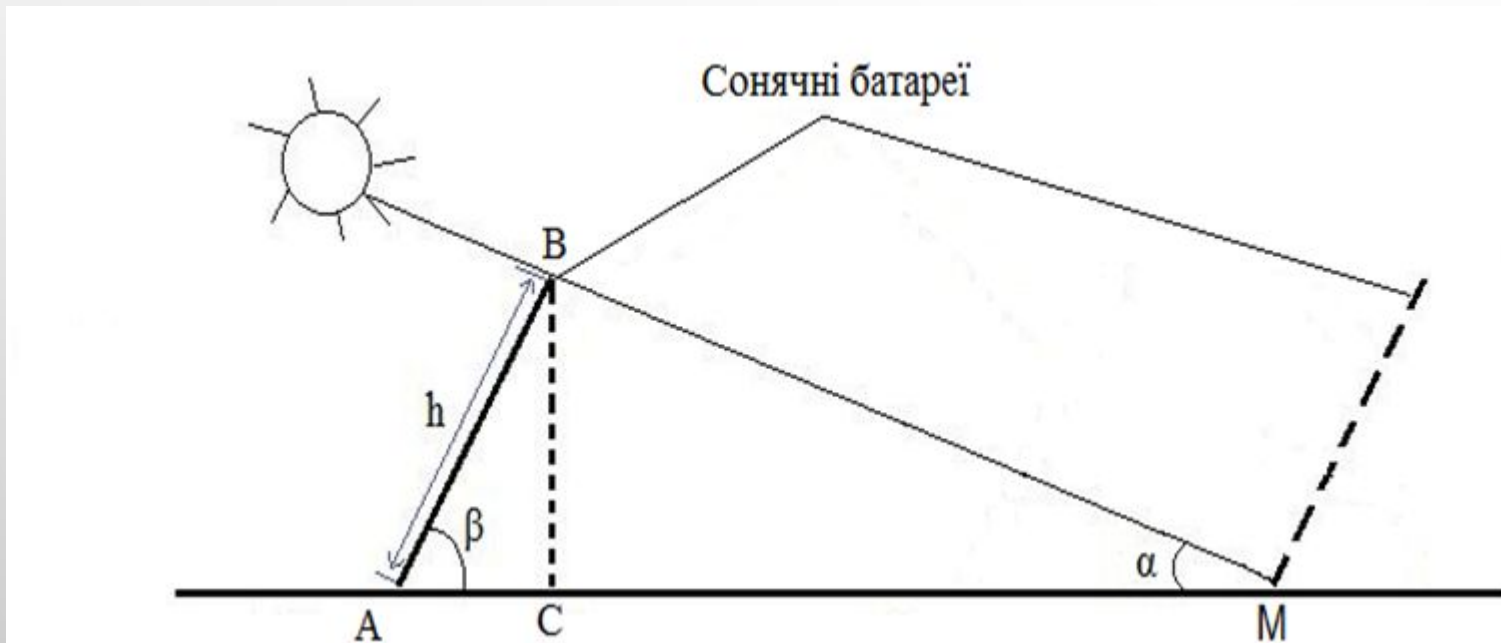
КОЕФІЦІЄНТ СОНЯЧНИХ ГОДИН

$$K_{\text{сон.год}} = \frac{H_B}{\sum P_h \cdot \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\sin \alpha}}$$

H_B – пряме випромінювання
 P_h – випромінювання на
горизонтальну площину

Рис. 11. Енергетичний вигреш рухомої системи з
поверхнею 1 м² за день і місяць

РОЗМІЩЕННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ЗАТІНЕННЯ



$$BC = h \cdot \sin \beta = 4.74 \cdot \sin(41^\circ) = 3.11$$

$$CM = \frac{h \cdot \sin \beta}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{4.74 \cdot \sin(41^\circ)}{\operatorname{tg}(37.8^\circ)} = 4.01$$

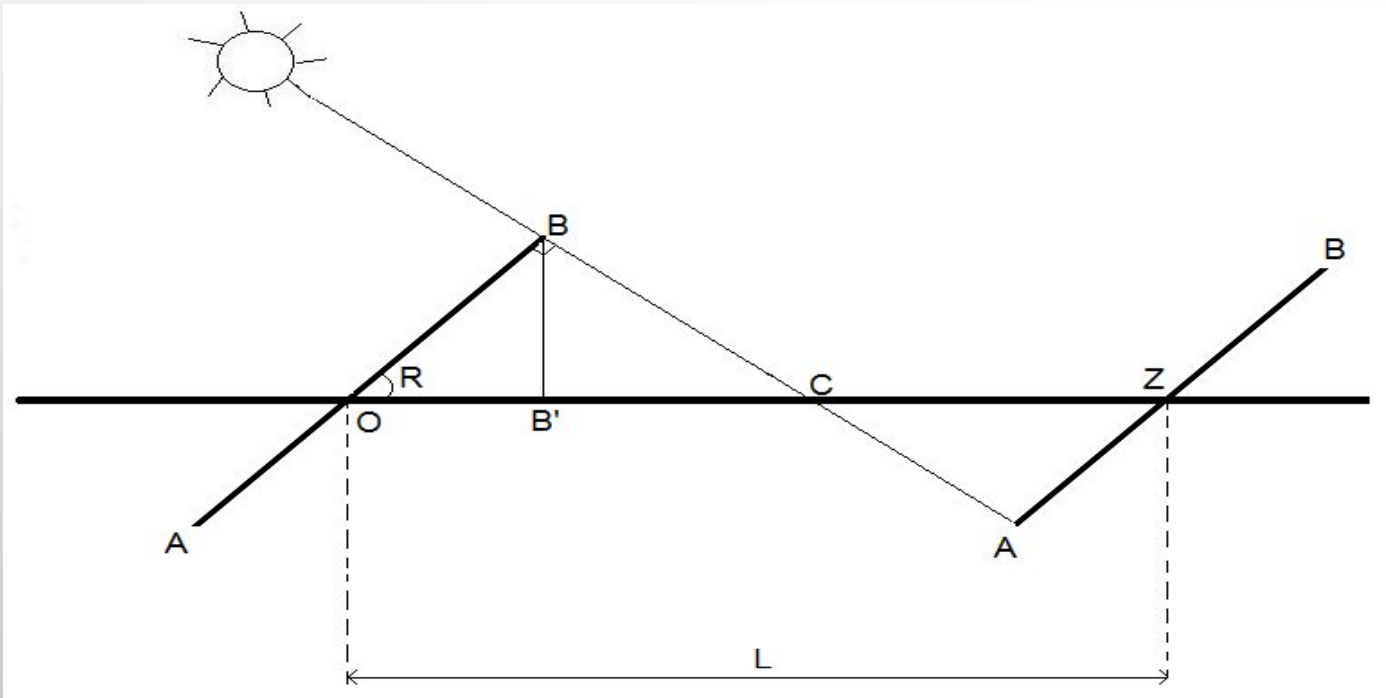
$$AC = h \cdot \cos \beta = 4.74 \cdot \cos(41^\circ) = 3.58 \text{ м}$$

$$AM = AC + CM = 3.58 + 4.01 = 7.59 \text{ м}$$

Рис. 12. Схема розміщення фотопанелей для розрахунку взаємного затінення: вид збоку

Отже сонячні батареї мають розташовуватись одна за одною на відстані 7.59 м.

РОЗМІЩЕННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ІЗ ВРАХУВАННЯМ ЗАТІНЕННЯ



$$OB' = \frac{1}{2} AB \cdot \cos R = \frac{1}{2} \cdot 4.74 \cdot \cos(36^\circ) = 1.92 \text{ м}$$

$$L = OB' \cdot 4 = 7.68 \text{ м}$$

Отже відстань між батареями в ряді повинна бути 7.68 м.

Рис. 13. Схема розміщення фотопанелей для розрахунку взаємного затінення: вид з вершини осі обертання батареї.

Розрахунок кута повороту батареї

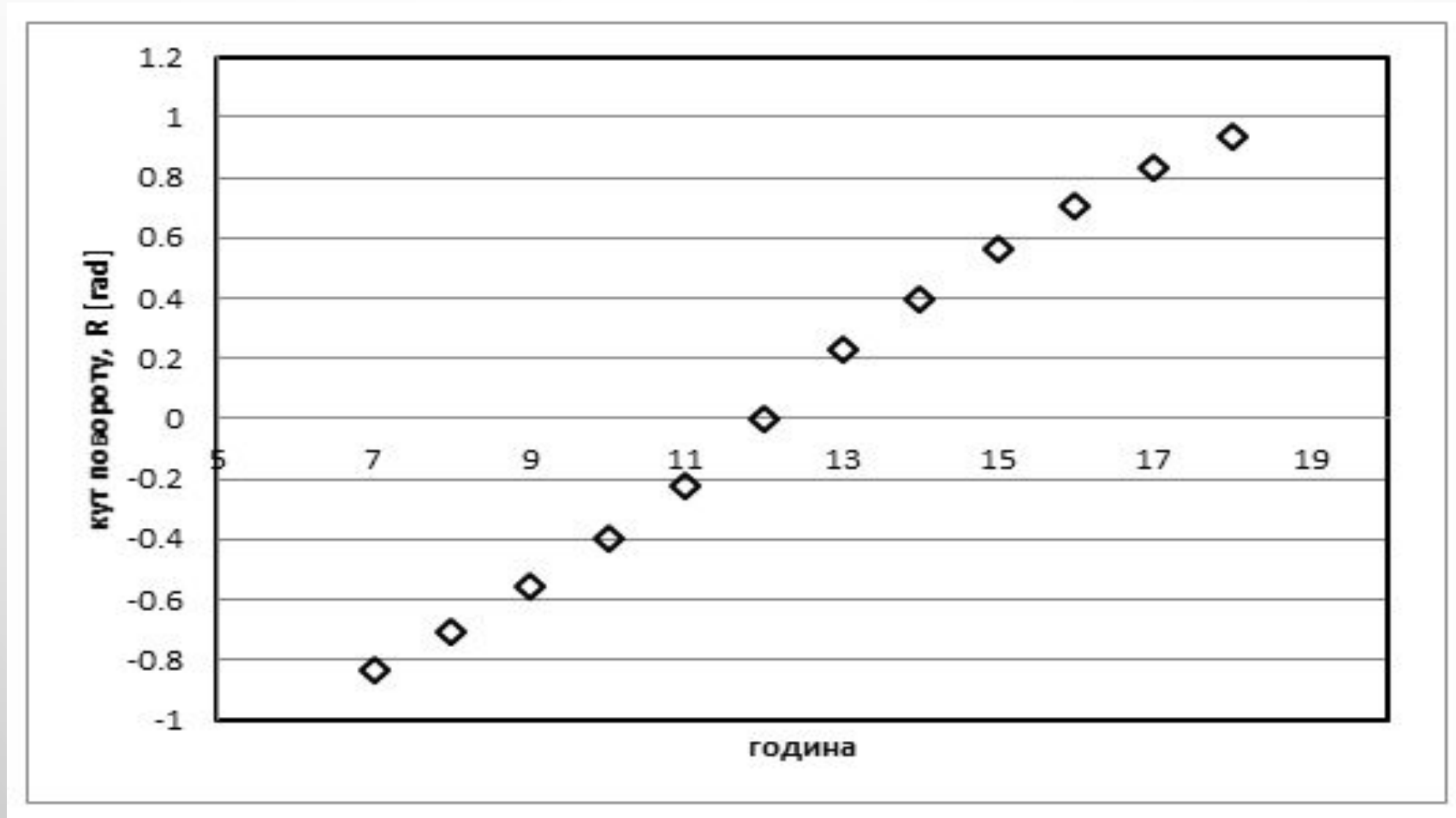


Рис. 14. Кут повороту модулів як функція часу доби

РОЗМІЩЕННЯ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ЗГІДНО РОЗРАХОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ



Рис. 15. Ескіз станції у Львівській області в масштабі 1:100
(координати - 49.658790, 23.983873)

ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СХЕМА

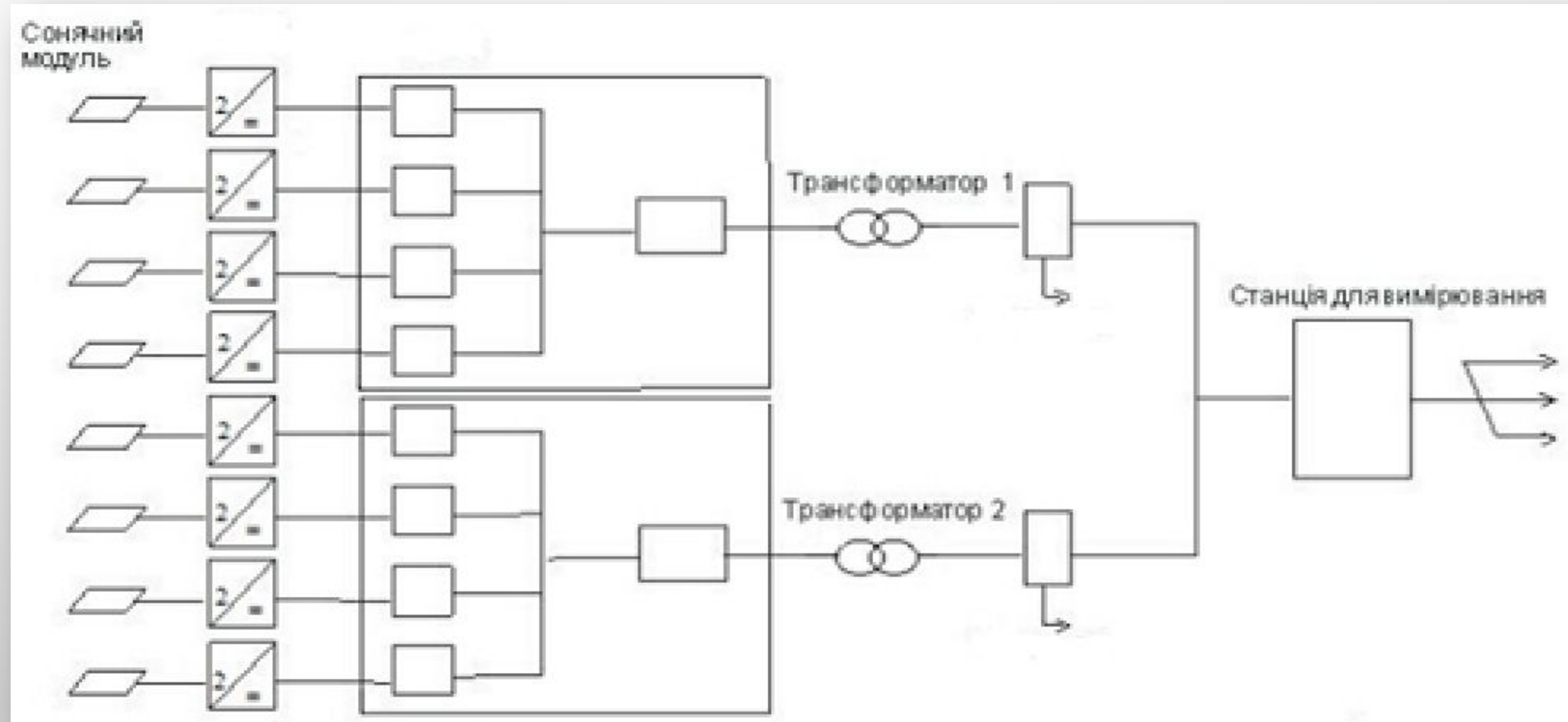


Рис. 16. Електрична принципова схема

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ (МОДУЛІ, КАБЕЛІ)

Електричні характеристики	
Модель	HIT Power 240S or VBHN240SA06
Максимальна потужність	240 Вт
Максимальна напруга (V_{pm})	43.7 В
Максимальний струм живлення (I_{pm})	5.51 А
Напруга холостого ходу (V_{oc})	52.4 В
Струм короткого замикання (I_{sc})	5.85 А
Температурний коефіцієнт (P_{max})	-0.30 %/°C
Температурний коефіцієнт (V_{OC})	-0.126 В/°C
Температурний коефіцієнт (I_{SC})	1.76 мА/°C
NOCT	118.9 °F(48.3 °C)
Стільниковий ефективність	21.6 %
Модульна ефективність	19.0 %
Максимальна напруга системи	600 В
Механічні характеристики	
Внутрішні обхідні діоди	3 обхідні діоди
Вага	15 кг
Розміри ДхШхВ	1580x798x35 мм
Довжина кабелю +/-	1030/880 мм
Розмір/Тип кабелю	№ 12 AWG/PV Кабель

Таблиця 2. Підбір модуля

DC Побічні кабелі (під'єднуються до інвертора)		
Модель	IEC-60811 & IEC-60216	
Матеріал	Мідь	
Площа перерізу	4 мм ²	
Падіння напруги	0.18 В	
Максимально допустима температура	Нормальний стан	Коротке замикання
	90°	250°
Тип провідника	Скручений	
Ізоляційний матеріали	Поліетилен	
Кабелі низької напруги		
Модель	IEC-60228 & IEC-60811	
Матеріал	Мідь	
Площа перерізу	16 мм ²	
Падіння напруги	0.46 В	
Максимально допустима температура	Нормальний стан	Коротке замикання
	90°	250°
Тип провідника	Скручений	
Ізоляційний матеріали	ПВХ	
Кабелі високої напруги		
Модель	IEC-60502	
Матеріал	Алюміній	
Площа перерізу	185 мм ²	
Падіння напруги (загальне)	L1	1.37 В
	L2	1.37 В
	L3	1.37 В
Клас напруги	11 кВ (UE), надпотужний	
Ізоляційний матеріали	Поліетилен	

Таблиця 3. Підбір кабелів

ПІДБІР ОБЛАДНАННЯ (ТРАНСФОРМАТОРИ, ІНВЕРТОРИ)

Модель	PRO-33.0-TL-OUTD
Тип інвертора	стрінговий
Вхід	
Мах потужність	33.7 кВт
Мах абсолютна вхідна напруга	1100 В
Початкова напруга	610 В
Діапазон номінальної напруги	490 В – 800 В
Мах вхідний струм на рядок	41.5 А
Вихід	
Номінальна вихідна потужність	20 кВт
Порогова потужність	20 Вт
Номінальна напруга змінного струму	3/N/PE; 230/460 В
Частота змінного струму/діапазон	50 Гц
Максимум вихідний струм	3x29 А
Ефективність	
Мах ефективність	98.7%

Таблиця 3. Підбір інвертора

Потужність трансформатора	
Модель	IS-2026 / IEC-60076
Тип охолодження	ONAN (Oil Natural Air Natural)
Висока напруга	11000 В
Низька напруга	460 В
Номінальний повний опір	4.7%
Допустимий опір	7.5%
Номінальні вторинні підсилювачі	1250 А
HV з'єднання	DELTA
LV підключення	Wye
Робоча частота	50 Гц
РПН	± 5% від повної вантажопідйомності

Таблиця 4. Підбір трансформатора

ВТРАТИ В СЕС

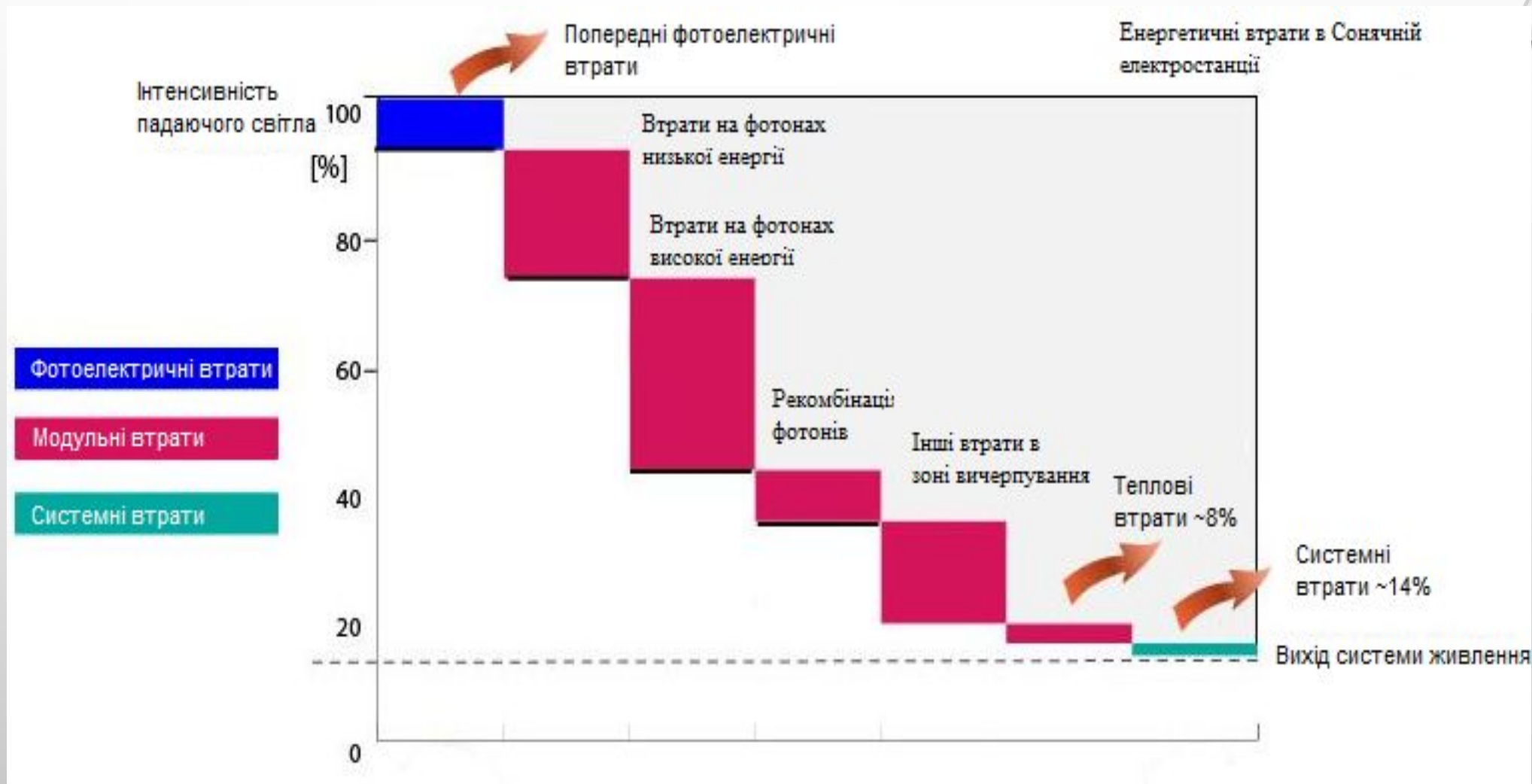


Рис. 13. Втрати в сонячній електростанції

ОЦІНКА ВИРОБІТКИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СИСТЕМИ ІЗ ОДНОВІСНИМ СЛІДКУВАННЯМ ЗА СОНЦЕМ. ПОРІВНЯННЯ ІЗ СТАЦІОНАРНОЮ СИСТЕМОЮ

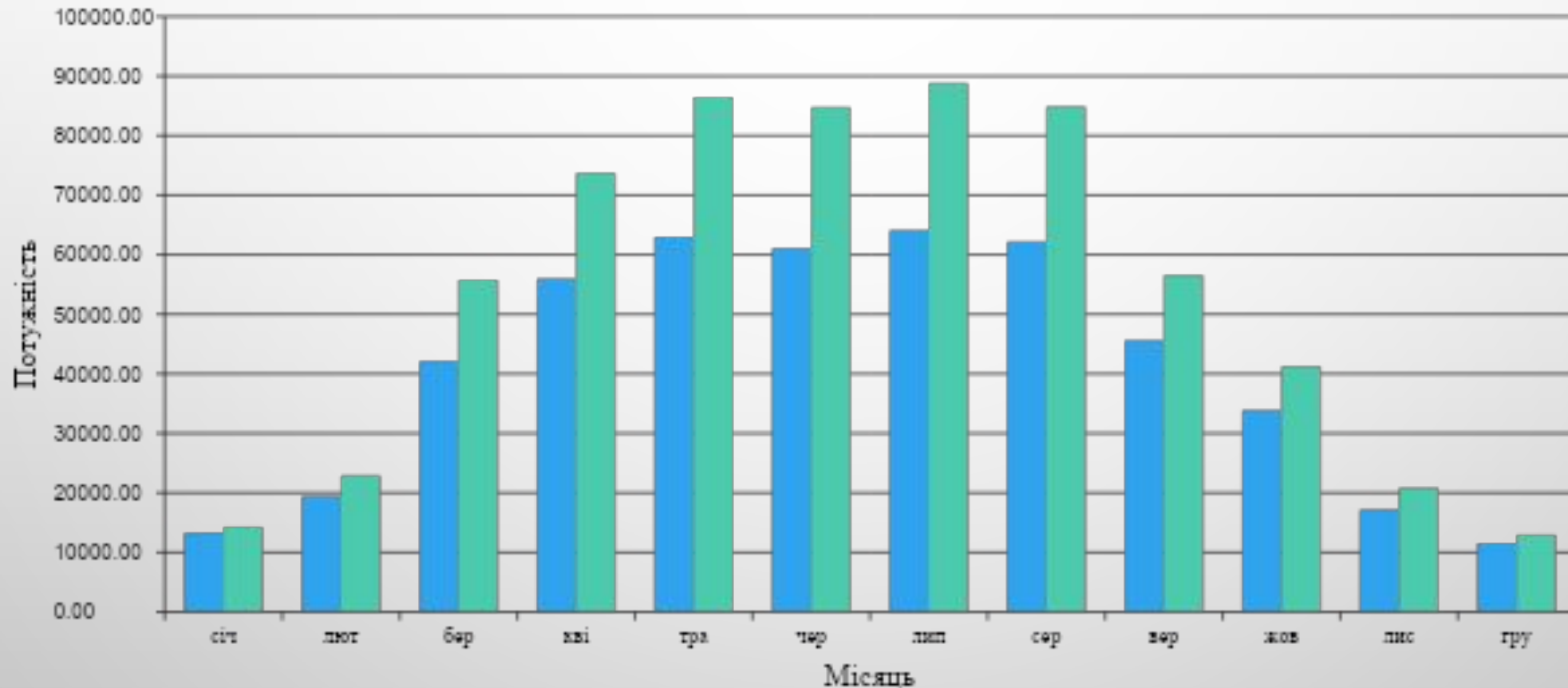
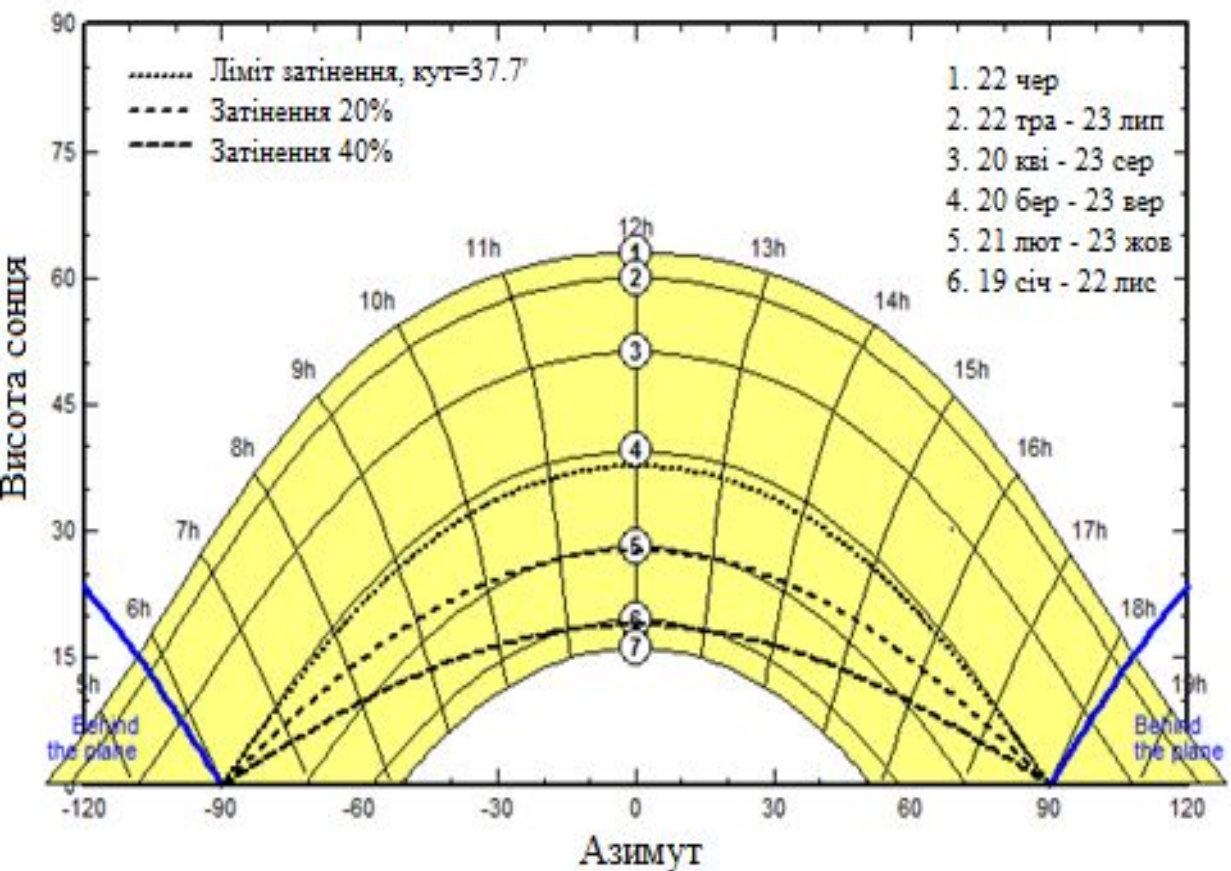
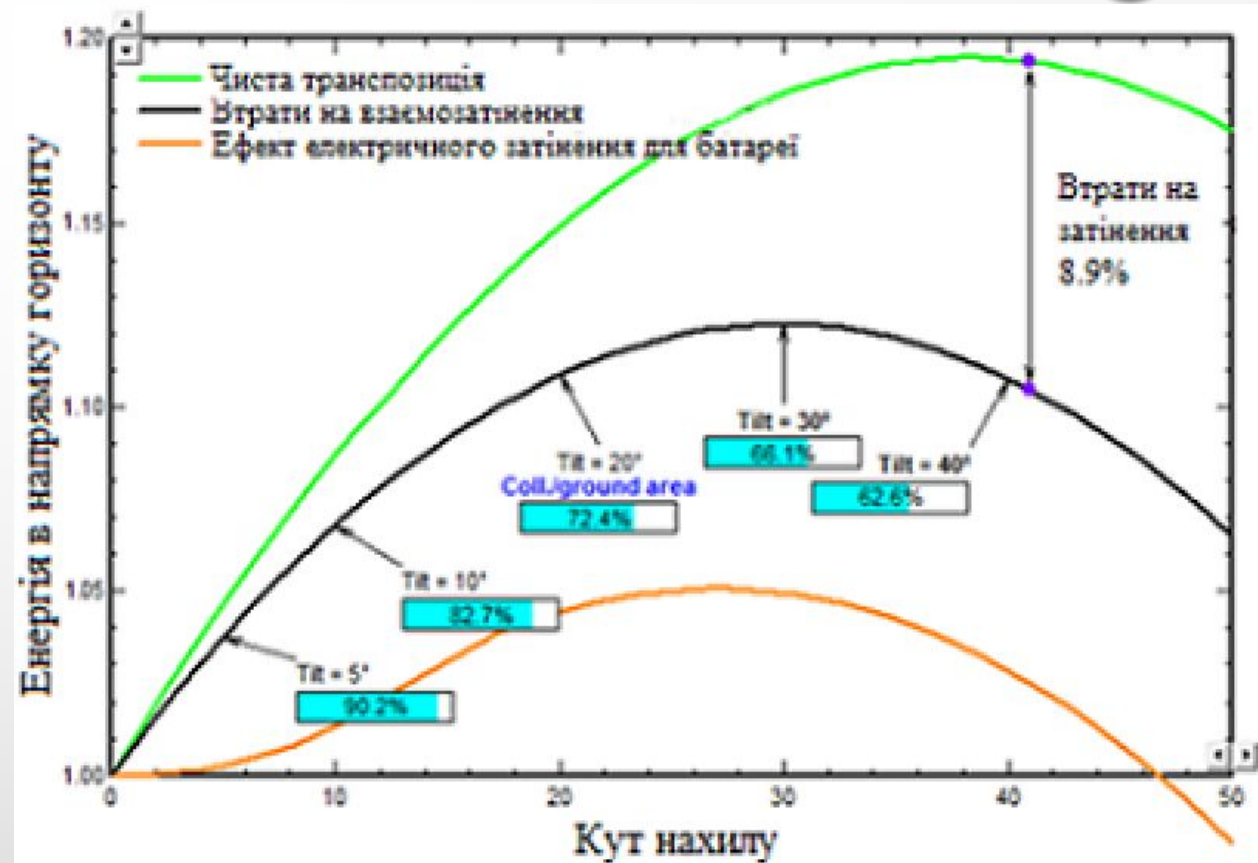


Рис. 14. Виробітка електроенергії стаціонарної і рухомої станції для кожного місяця

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PVSYST



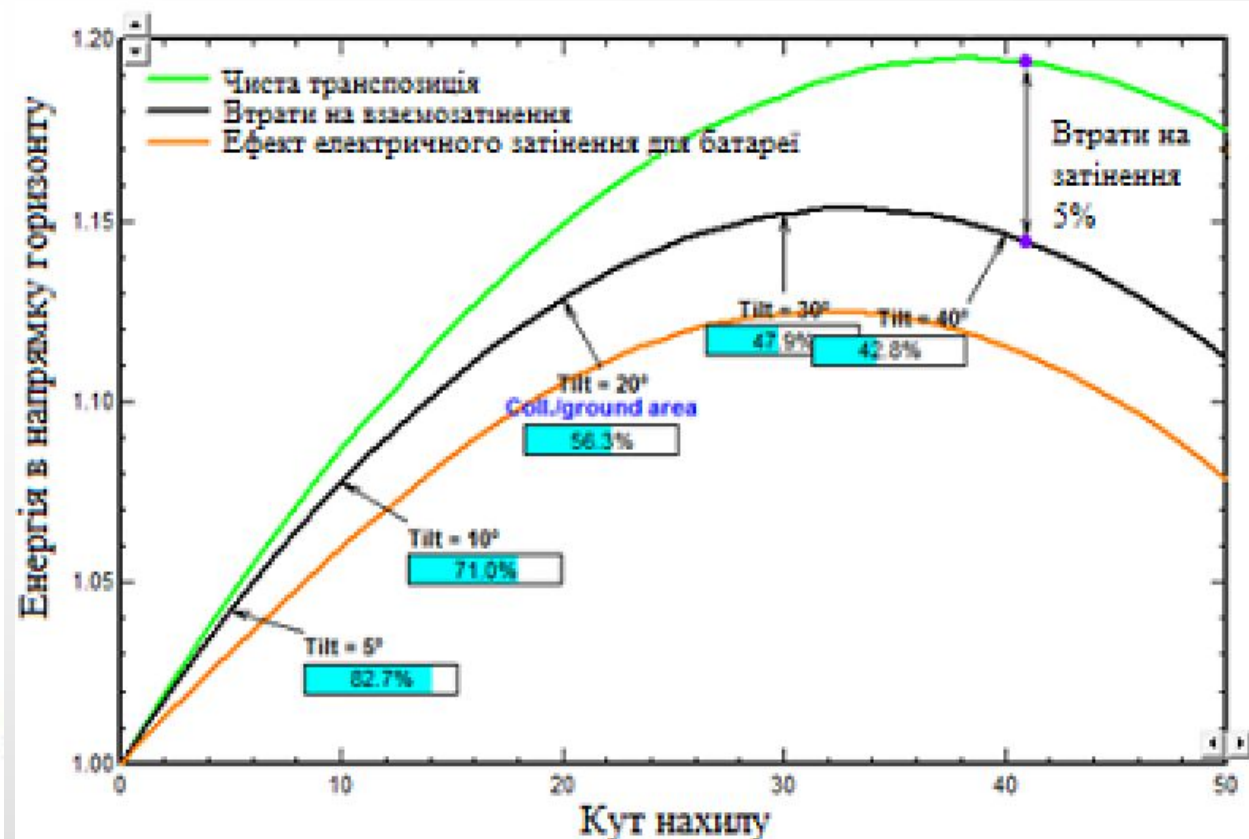
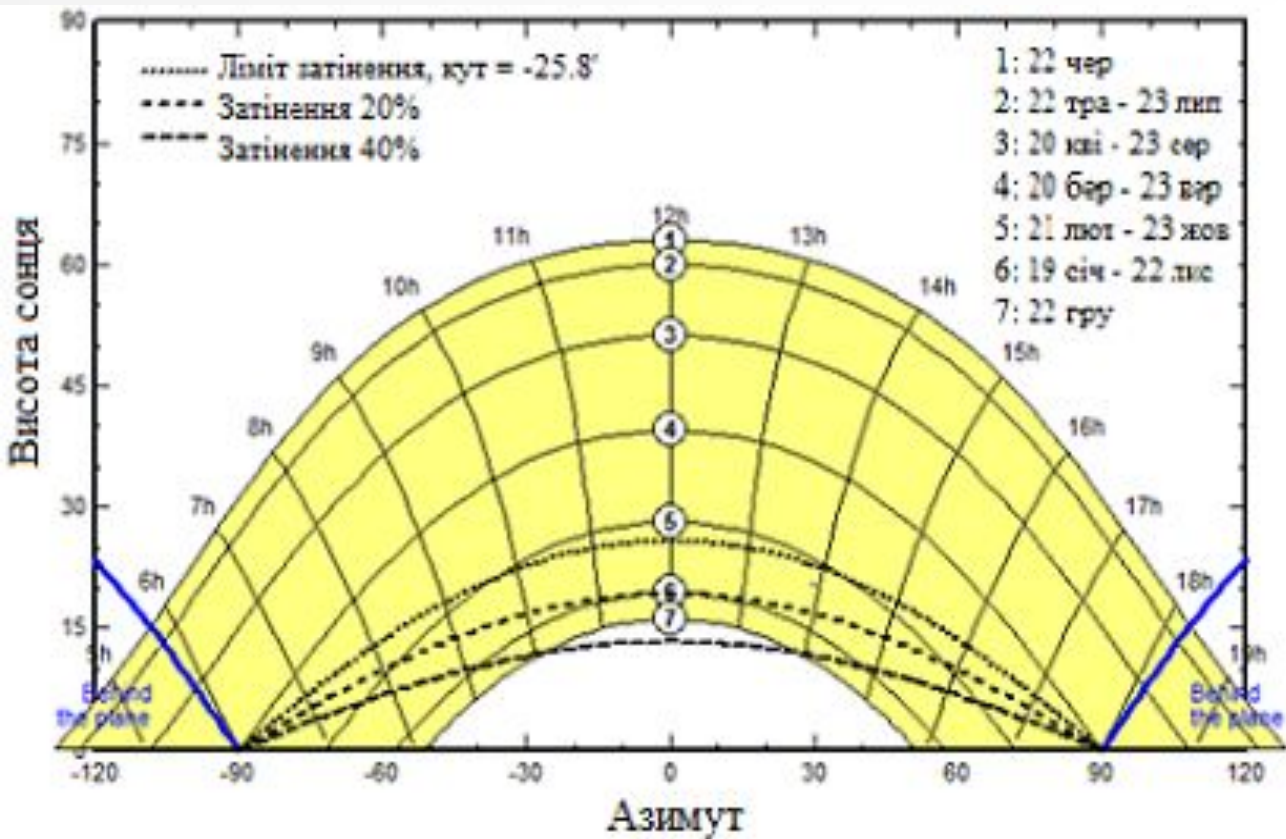
а)



б)

Рис. 15. Діаграма затінення (а) і Оптимізація втрат на затінення по куту нахилу поверхні (б) [пітч 7.6 м]

ВЕРИФІКАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ PVSYST



а)

б)

Рис. 16. Діаграма затінення (а) і Оптимізація втрат на затінення по куту нахилу поверхні (б) [пітч 10 м]

ПРОЕКТНІ ДЕТАЛІ

Тип встановлення	Наземний
Пікова потужність	500 кВт
Умови затінення	Без затінення
Мережева напруга	11 кВ
Фазове з'єднання	3-х фазове
Мережева частота	50 Гц
Необхідна площа	17000 м ²

Компоненти	Специфікація	Кількість
Сонячні фотовольтаїчні модулі	Макс. Потужність – 240 Вт	2080
Інвертери	Макс. Потужність – 33.7 кВт	8
Трансформатор	1250 кВА	1
Кабелі	Площа перерізу - 4 мм ² ; 16 мм ² ; 185 мм ²	10

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ВИГРАШ У ВИРОБІТЦІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СТАНОВИТЬ 24%.

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

- У дипломному проекті було вибрано і обґрунтовано аналог;
- Вибраний конкретний перелік споживчих матеріалів;
- Визначений комплексний показник якості;
- Розраховані операційні витрати на проектування мережевої сонячної електростанції;
- Розраховано ціну спроектованої СЕС.

Зважаючи на отримані результати можна зробити наступні висновки: даний проект сонячної мережевої електростанції може мати потенційних споживачів та ринки збуту

The image features a light gray gradient background with several realistic water droplets of various sizes scattered in the corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The central text is in a bold, green, serif font.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ